

6.W1488-02

SOLID POLYMER ELECTROLYTE, MEMBRANE ELECTRODE JUNCTION AND FUEL CELL**Patent number:** JP2003100317**Publication date:** 2003-04-04**Inventor:** KOYAMA TORU; KOBAYASHI TOSHIYUKI; YAMAGA MASASHI; KAMO YUICHI; HIGASHIYAMA KAZUHISA**Applicant:** HITACHI LTD**Classification:****- international:** H01M8/02; C08G65/334; H01B1/06; H01M8/10**- european:****Application number:** JP20010289493 20010921**Priority number(s):****Also published as:**

EP1296398 (A2)



US6893764 (B2)



US2003096149 (A1)



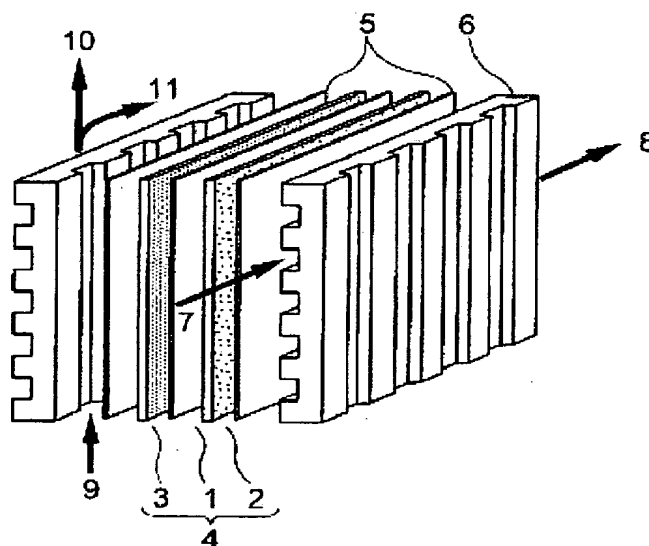
CA2394674 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP2003100317

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly durable solid polymer electrolyte with deterioration resistant characteristics which are equivalent to or more than a fluorine-based solid polymer electrolyte or enough for practical use, which can be manufactured at low cost.

SOLUTION: The solid polymer electrolyte uses polyetherethersulfone as an electrolyte wherein an aromatic ring of the polyether ether sulfone is bonded with a sulfoalkyl group expressed by a general formula $-(CH_2)_n-SO_3H$.

FIG. 1

Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-100317

(P2003-100317A)

(43) 公開日 平成15年4月4日 (2003.4.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 1 M 8/02		H 0 1 M 8/02	P 4 J 0 0 5
C 0 8 G 65/334		C 0 8 G 65/334	5 G 3 0 1
H 0 1 B 1/06		H 0 1 B 1/06	A 5 H 0 2 6
H 0 1 M 8/10		H 0 1 M 8/10	

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 49 頁)

(21) 出願番号 特願2001-289493(P2001-289493)

(22) 出願日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構 (再) 委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 小山 徹

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小林 稔幸

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

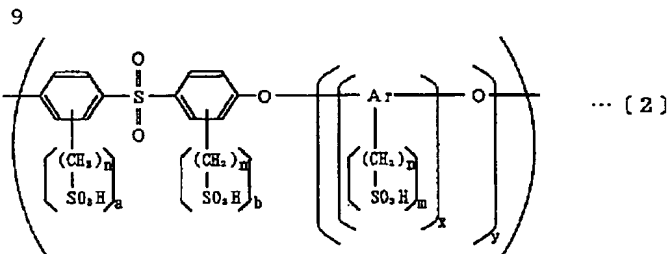
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体高分子電解質と膜電極接合体および燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 ふっ素系固体高分子電解質と同等以上、もしくは、実用上十分な耐劣化特性を有し、しかも低コストで製造可能な高耐久性固体高分子電解質を提供にある。

【解決手段】 ポリエーテルエーテルスルホンの芳香族環に一般式 $-(CH_2)_n-SO_3H$ で示されるスルホアルキル基が結合しているポリエーテルエーテルスルホン電解質として用いたことを特徴とする固体高分子電解質。

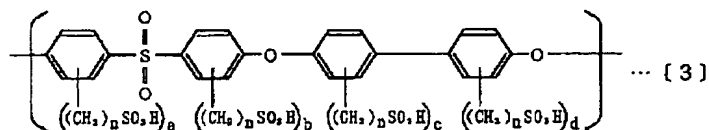


(nは1～6の整数、m, a, bは0～4の整数で全てが0にはならない。xは1～3の整数、yは1～5の整数。Arは芳香族残基を表す)

10 【0036】

具体例としては、式〔3〕～式〔8〕に示すアルキル基*

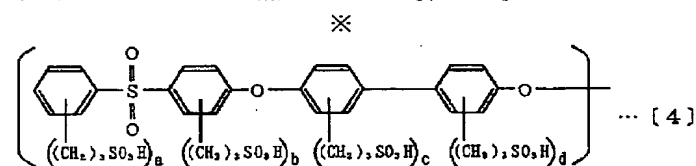
※を介してスルホン酸基を導入したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質が挙げられる。



(nは1～6の整数、a, b, c, dは0～4の整数であり、かつ、b, c, dが同時に0になることは無い。)

※ 【0037】

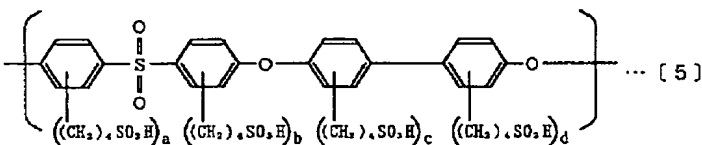
【化13】



(a, b, c, dは0～4の整数であり、かつa, b, c, dが同時に0になることは無い。)

★ 【0038】

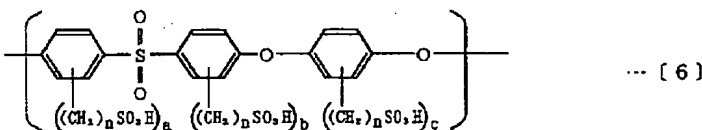
★ 【化14】



(a, b, c, dは0～4の整数であり、かつa, b, c, dが同時に0になることは無い。)

☆ 【0039】

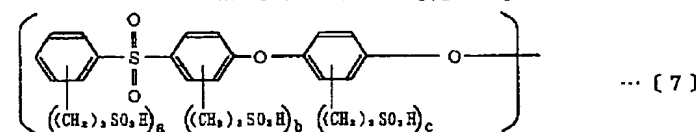
☆ 【化15】



(nは1～6の整数、a, b, cは0～4の整数であり、かつa, b, cが同時に0になることは無い。)

◆ 【0040】

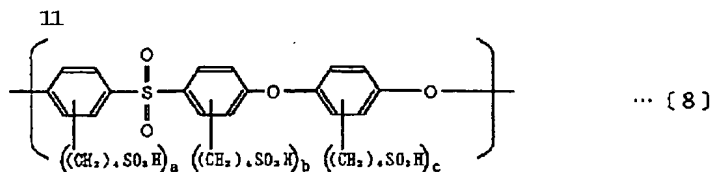
◆40 【化16】



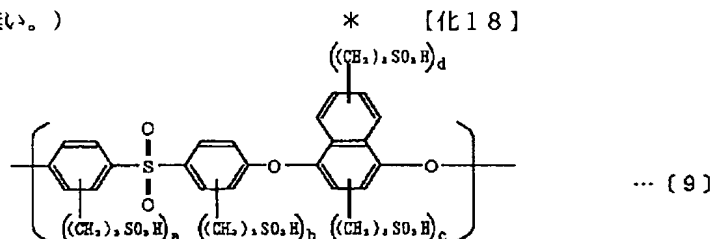
(a, b, cは0～4の整数であり、かつa, b, cが同時に0になることは無い。)

【0041】

【化17】



(a, b, cは0~4の整数であり、かつa, b, cが同時に0になることは無い。)



(a, b, c, dは0~4の整数であり、かつa, b, c, dが同時に0になることは無い。)

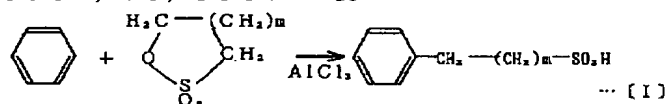
※5360(1954)に記載されているような式(I)に示すスルトンを用いて芳香族環にアルキレン基を介してスルホン酸基を導入する方法がある。

ポリエーテルエーテルスルホンあるいはそのポリマロイにアルキレン基を介してスルホン酸基を導入する方法には、特に制限はないが、具体的な方法として例えば、

【0043】

【化19】

J. Amer. Chem. Soc., 76, 5357~5360



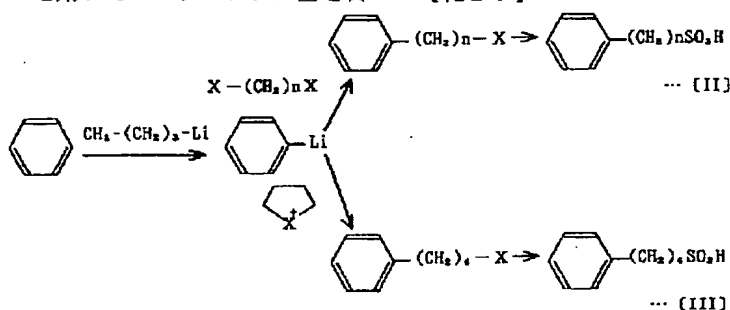
(但し、mは1または2を示す)

また、芳香族環の水素をリチウムに置換し、次いでジハロゲンアルカンでハロゲンアルキレン基に代え、アルキレン基を介してスルホン酸基に変換する方法やテトラメチレンハロゲンウムイオンを用いてハロゲンブチル基を★

★導入し、ハロゲンをスルホン酸基に変換する方法などがある。

【0044】

【化20】



(但し、nは1~6の整数、Xはハロゲンを示す)

アルキレン基を介してスルホン酸基を導入する反応はいずれも芳香族環に対する親電子反応であり、芳香族環の電子密度の高い本願の構造のポリエーテルエーテルスルホンは他のエンジニアリングプラスチックより比較的にマイルドな条件で反応が起こり好ましい。

【0045】ポリエーテルエーテルスルホンにアルキレン基を介してスルホン酸基を導入する際に用いる方法には、特に制限はないが、コストの観点から合成工程が少ない方法、例えば、上記式(1)で表される方法が好ましい。

【0046】本発明で用いられる固体高分子電解質のイオン交換基当量重量は250~2500g/当量のアルキレン基を介してスルホン酸基を導入したポリマである。好ましくは、イオン交換基当量重量は300~1500g/当量であり、さらに好ましくは530~970g/当量である。イオン交換基当量重量が2500g/当量を超えると出力性能が低下することがあり、250g/当量より低いと該重合体の耐水性が低下し、それぞれ好ましくない。

50 【0047】なお、本発明のイオン交換基当量重量と

【0073】即ち、安価なスルホプロピル化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質Iは、後述の比較例1の(1)に記載した安価なスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質IIと異なり、高価なパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質(ナフィオン117)と同様に安定で、コストと耐加水分解性(耐久性)が両立して優れている。

【0074】(2) 固体高分子電解質膜の作製

前記(1)で得られた固体高分子電解質Iを5重量%の濃度になるようにN,N-ジメチルホルムアミド-シクロヘキサノン-メチルエチルケトン混合溶媒(体積比20:80:25)に溶解した。この溶液をスピンコートによりガラス板上に展開して風乾した後、80℃で真空乾燥して膜厚25μmの固体高分子電解質膜Iを作成した。得られた固体高分子電解質膜Iのイオン導電率は1S/cmであった。

【0075】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に、前記固体高分子電解質膜Iとイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。保持後の固体高分子電解質膜Iのイオン導電率は、高コストのパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜(ナフィオン117)と同様に初期と変わらず、膜もしっかりしていた。

【0076】一方、後述の比較例1の(2)に示すように、比較的安価なスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質IIは、同一加温加水分解条件で破け、ぼろぼろになっていた。

【0077】即ち、安価なスルホプロピル化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜Iは、後述の比較例1のスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜IIと異なり、高価なパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜(ナフィオン117)と同様に、安定でコストと耐加水分解性(耐久性)が両立したものが得られた。

【0078】(3) 電極触媒被覆用溶液および膜電極接合体の作製

40重量%の白金担持カーボンに、前記(2)の5重量%濃度のN,N-ジメチルホルムアミド-シクロヘキサノン-メチルエチルケトン混合溶液を、白金触媒と固体高分子電解質との重量比が2:1となるように添加し、均一に分散させてペースト(電極触媒被覆用溶液I)を調整した。

【0079】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に、前記電極触媒被覆用溶液Iの1.0gと、イオン交換水20mlを入れて120℃で2週間保持した。その後、冷却して溶媒を揮散させ、生じた固体を水洗した後、電極触媒被覆用溶液Iのイオン交換基当量重量を測定した。その結果、該溶液Iのイオン交換基当量重量は、初期と変わらず1100g/当量と、高価なパーフ

ルオロスルホン酸(ナフィオン117)電極触媒被覆用溶液と同様に安定であった。

【0080】一方、後述の比較例1の(2)に示すように、電極触媒被覆用溶液IIのイオン交換基当量重量は、同一加温加水分解条件で1200g/当量と変化し、初期の650g/当量の値より大きくなり、スルホン酸基が脱離していた。

【0081】即ち、安価な電極触媒被覆用溶液Iは、後述の比較例1の(2)に記載した安価な電極触媒被覆用溶液IIと異なり、高価なパーフルオロスルホン酸(ナフィオン117)電極触媒被覆用溶液と同様に、安定でコストと耐加水分解性(耐久性)が両立したものを得ることができた。

【0082】前記電極触媒被覆用溶液Iを、前記(2)で得られた固体高分子電解質膜Iの両側に塗布した後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体Iを作製した。

【0083】後述の比較例1の(2)に記載した電極触媒被覆用溶液IIを、前記(2)で得られた固体高分子電解質膜Iの両側に塗布した後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体I'を作製した。

【0084】40重量%の白金担持カーボンに、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質(ナフィオン117)の5重量%濃度のアルコール/水混合溶液を、白金触媒と固体高分子電解質との重量比が2:1となるように添加し、均一に分散させてペースト(電極触媒被覆用溶液)を調整した。この電極触媒被覆用溶液を前記(2)で得られた固体高分子電解質膜Iの両側に塗布後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体I''を作製した。

【0085】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に得られた前記膜電極接合体Iとイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。保持後の膜電極接合体Iは高コストのパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜(ナフィオン117)と、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質(ナフィオン117)を用いて作製した膜電極接合体と同様に初期と変わらず、膜もしっかりしていた。

【0086】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に、得られた前記膜電極接合体I'とイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。保持後の膜電極接合体I'は、電極が若干剥がれていたが膜はしっかりしており、発電能力はあった。

【0087】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に、得られた前記膜電極接合体I''とイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。保持後の膜電極接合体I''は、電極が若干剥がれていたが膜はしっかりしており、発電能力はあった。

【0088】一方、後述の比較例1の(3)に示したようにスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエー

【0131】40重量%の白金担持カーボンに、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質の5重量%濃度のアルコール-水混合溶液を、白金触媒と固体高分子電解質との重量比が2:1となるように添加し、均一に分散させてペースト（電極触媒被覆用溶液）を調整した。

【0132】この電極触媒被覆用溶液を前記(2)で得られた固体高分子電解質膜IIIの両側に塗布後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体III'を作製した。

【0133】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に得られた前記膜電極接合体IIIと、イオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。その結果、膜電極接合体IIIは、高コストのパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜（ナフィオン117）とパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質（ナフィオン117）を用いて作製した膜電極接合体と同様に、初期と変わらず膜もしっかりしていた。

【0134】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に得られた前記膜電極接合体III'とイオン交換水20mlを入れ、120℃に2週間保持した。その結果、膜電極接合体III'は電極が若干剥がれていたが膜はしっかりしており、発電能力もあった。

【0135】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に得られた前記膜電極接合体III''とイオン交換水20mlを入れ、120℃に2週間保持した。その結果、膜電極接合体III''は電極が若干剥がれていたが膜はしっかりしており、発電能力もあった。

【0136】一方、比較例1の(3)に示したように、比較的安価なスルホン化芳香族炭化水素系固体高分子電解質膜IIと、電極触媒被覆用溶液IIを用いて作製した膜電極接合体IIは、同一加温加水分解条件で膜は破け、ぼろぼろになり、電極は剥がれていた。即ち、安価なスルホプロピル化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜電極接合体は、比較例1の(3)に記載した安価なスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜電極接合体IIとは異なり、高価なパーフルオロスルホン酸（ナフィオン117）膜電極接合体と同様に安定で、コストと耐加水分解性（耐久性）が両立し優れている。

【0137】(4) 燃料電池単セル出力性能評価
前記膜電極接合体III、III'およびIII''を沸騰した脱イオン水中に2時間浸漬することにより吸水させた。得られた膜電極接合体を評価セルに組み込み、燃料電池出力性能を評価した。

【0138】図1に示す、固体高分子電解質膜1、酸素極2および水素極3からなる実施例2の膜電極接合体4の両電極に、薄いカーボンペーパーのバック材（支持集電体）5を密着させて、その両側から極室分離と電極へのガス供給通路の役割を兼ねた導電性のセパレータ（バイポーラプレート）6からなる固体高分子型燃料電

池単セルを作製し、電流密度300mA/cm²の条件で長時間稼働試験を行った。その結果を図3に示す。図3中の17, 18, 19はそれぞれ膜電極接合体III、III', III''を用いた燃料電池単セルの耐久性試験結果である。

【0139】図3において、17は実施例2のアルキレン基を介してスルホン酸基が結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜と、アルキレン基を介してスルホン酸基が結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質の電極触媒被覆用溶液を用いた燃料電池単セルの出力電圧の経時変化、18は実施例2のアルキレン基を介してスルホン酸基が結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜と、スルホン酸基が直接結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質の電極触媒被覆用溶液を用いた燃料電池単セルの出力電圧の経時変化である。

【0140】また、19は実施例2のアルキレン基を介してスルホン酸基が結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜と、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質（ナフィオン117）の電極触媒被覆用溶液を用いた燃料電池単セルの出力電圧の経時変化、20はパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜（ナフィオン117）を用いた燃料電池単セルの出力電圧の経時変化、21は比較例2のスルホン酸基が直接結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜と、スルホン酸基が直接結合したポリエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質の電極触媒被覆用溶液を用いた、燃料電池単セルの出力電圧の経時変化である。

【0141】図3中の20はパーフルオロスルホン酸（ナフィオン117）膜電極接合体を用いた燃料電池単セルの耐久性試験結果である。

【0142】図3の17, 19に示すように膜電極接合体III, III''を用いた燃料電池単セルの出力電圧は初期0.88Vで、稼働時間5000時間後ではほぼ初期の94%に低下しているが、低下後の値はパーフルオロスルホン酸（ナフィオン117）膜電極接合体を用いた燃料電池単セルの値とほぼ同等であり、燃料電池として十分使用できる。

【0143】一方、図3中の21（比較例2のスルホン化芳香族炭化水素系固体高分子電解質IIを使用した燃料電池単セル）の出力電圧は初期0.73Vで、稼働時間6000時間後で出力が無くなった。

【0144】このことから芳香族炭化水素の芳香族環にアルキレン基を介してスルホン酸基を結合した芳香族炭化水素系固体高分子電解質IIIを用いた燃料電池単セルが、スルホン基と直接結合した芳香族炭化水素系固体高分子電解質IIを用いた燃料電池単セルより耐久性に優れていることが明白である。

【0145】膜電極接合体IIIおよびIII''を用いた燃料電池単セルの耐久性は膜電極接合体III'を用いた燃料電

安価なスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質IIのイオン交換基当量重量は、同一加温加水分解条件で1200g/当量と変化し、初期の650g/当量の値より大きくなり、スルホン酸基が脱離していた。

【0189】即ち、安価なスルホプロピル化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質Vは、比較例1のスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質IIと異なり、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質(ナフィオン117)と同様に安定で、コストと耐加水分解性(耐久性)が両立して優れている。

【0190】(2) 固体高分子電解質膜の作製

前記(1)で得られた生成物を5重量%の濃度になるようにN,N-ジメチルホルムアミド-シクロヘキサノン-メチルエチルケトン混合溶媒(体積比20:80:25)に溶解した。この溶液をスピンコートによりガラス板上に展開し、風乾後、80℃で真空乾燥して膜厚25μmの固体高分子電解質膜Vを作成した。得られた固体高分子電解質膜Vのイオン導電率は20S/cmであった。

【0191】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に得られた前記固体高分子電解質膜Vとイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。その結果、そのイオン導電率は高コストのパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜(ナフィオン117)と同様に初期と変わらず、膜もしっかりしていた。

【0192】一方、比較例1の(2)に示したように比較的安価なスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質IIは、同一加温加水分解条件で破け、ぼろぼろになっていた。即ち、安価なスルホプロピル化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜Vは、比較例1のスルホン化ポリ1,4-ビフェニレンエーテルエーテルスルホン固体高分子電解質膜IIと異なり、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜(ナフィオン117)と同様に安定で、コストと耐加水分解性(耐久性)が両立して優れている。

【0193】(3) 電極触媒被覆用溶液および膜電極接合体の作製

40重量%の白金担持カーボンに、前記(2)の5重量%濃度のN,N-ジメチルホルムアミド-シクロヘキサノン-メチルエチルケトン混合溶液を、白金触媒と固体高分子電解質との重量比が2:1となるように添加し、均一に分散させてペースト(電極触媒被覆用溶液V)を調製した。

【0194】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に、前記電極触媒被覆用溶液Vの1.0gと、イオン交換水20mlを入れて120℃で2週間保持した。その後、冷却して溶媒を揮散させ、生じた固体を水洗後、電

極触媒被覆用溶液Vのイオン交換基当量重量を測定した。該溶液Vのイオン交換基当量重量は、初期と変わらず530g/当量と、パーフルオロスルホン酸(ナフィオン117)電極触媒被覆用溶液と同様に安定であった。

【0195】一方、比較例1の(2)に示したように電極触媒被覆用溶液IIのイオン交換基当量重量は、同一加温加水分解条件で1200g/当量と変化し、初期の650g/当量の値より大きくなり、スルホン酸基が脱離していた。即ち、安価な電極触媒被覆用溶液Vは、比較例1の電極触媒被覆用溶液IIと異なり、パーフルオロスルホン酸(ナフィオン117)電極触媒被覆用溶液と同様に安定で、コストと耐加水分解性(耐久性)が両立して優れている。

【0196】前記電極触媒被覆用溶液Vを前記(2)で得られた固体高分子電解質膜Vの両側に塗布した後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体Vを作製した。

【0197】比較例1の(2)に記載した電極触媒被覆用溶液IIを、前記固体高分子電解質膜Vの両側に塗布後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体V'を作製した。

【0198】40重量%の白金担持カーボンに、パーフルオロスルホン酸固体高分子電解質の5重量%濃度のアルコール/水混合溶液を、白金触媒と固体高分子電解質との重量比が2:1となるように添加し、均一に分散させてペースト(電極触媒被覆用溶液)を調製した。この電極触媒被覆用溶液を前記(2)で得られた固体高分子電解質膜Vの両側に塗布後、乾燥して白金担持量0.25mg/cm²の膜電極接合体V''を作製した。

【0199】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に、前記膜電極接合体Vとイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。その結果、膜電極接合体Vは、高コストのパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質膜(ナフィオン117)とパーフルオロスルホン酸固体高分子電解質(ナフィオン117)を用いて作製した膜電極接合体と同様に初期と変わらず、膜もしっかりしていた。

【0200】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に前記膜電極接合体V'とイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。その結果、膜電極接合体V'は電極が若干剥がれていたが膜はしっかりしており、発電能力もあった。

【0201】テフロンコーティングのSUS製密閉容器に前記膜電極接合体V''とイオン交換水20mlを入れ、120℃で2週間保持した。その結果、膜電極接合体V''は電極が若干剥がれていたが膜はしっかりしており、発電能力もあった。

【0202】一方、比較例1の(3)に示したように、比較的安価なスルホン化芳香族炭化水素系固体高分子電解

【図8】実施例10の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【図9】実施例11の固体高分子型燃料電池用電池単セルの出力性能を表す電流密度-電圧のグラフである。

【図10】実施例11の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【図11】実施例12の固体高分子型燃料電池用電池単セルの出力性能を表す電流密度-電圧のグラフである。

【図12】実施例12の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【図13】実施例13の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【図14】実施例14の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

*

*【図15】実施例15の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【図16】実施例16の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【図17】実施例17の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

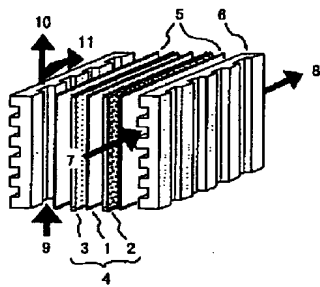
【図18】実施例18の固体高分子型燃料電池用電池単セルの耐久性試験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

- 10 1…固体高分子電解質膜、2…空気極、3…酸素極、4…膜電極接合体、5…支持集電体、6…セパレータ、7…空気、8…空気+水、9…水素+水、10…残留水素、11…水。

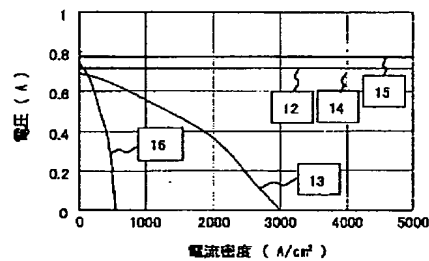
【図1】

図 1



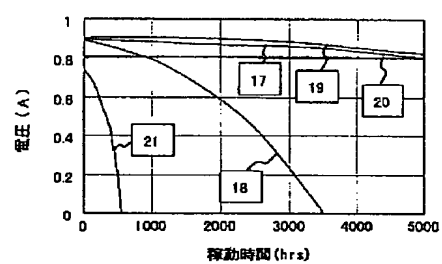
【図2】

図 2



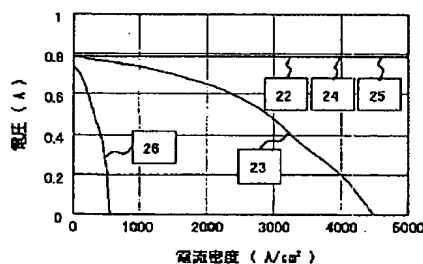
【図3】

図 3



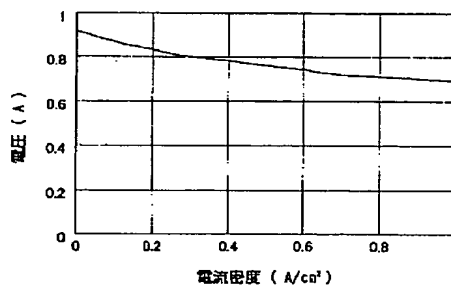
【図4】

図 4



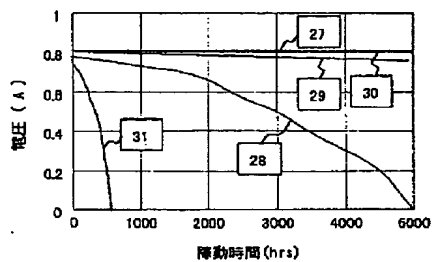
【図5】

図 5



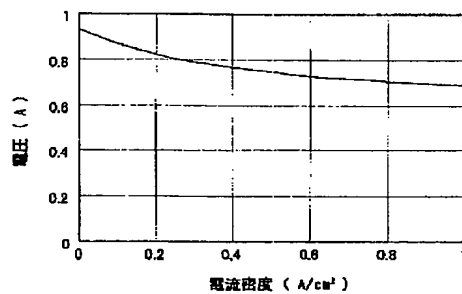
【図6】

図 6



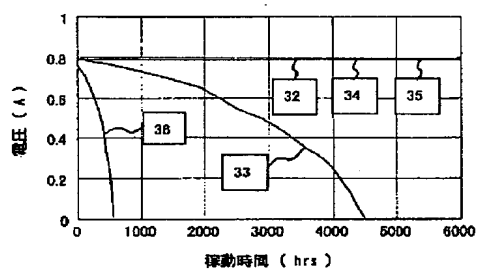
【図7】

図 7



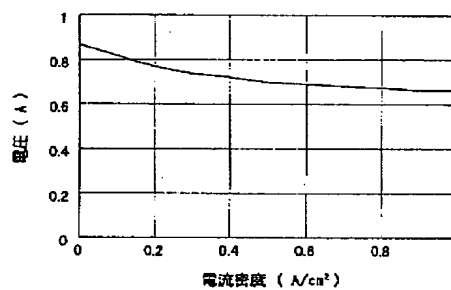
【図8】

図 8



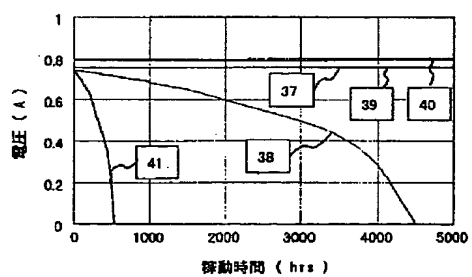
【図9】

図 9



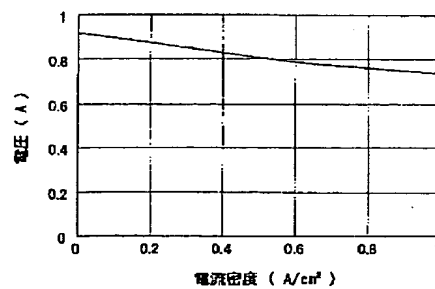
【図10】

図 10



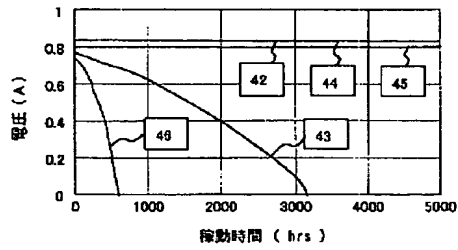
【図11】

図 11



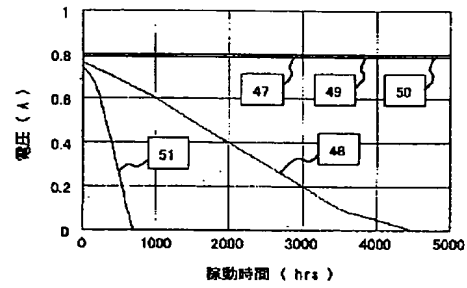
【図12】

図 12



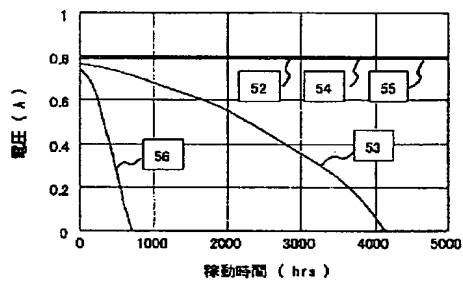
【図13】

図 13



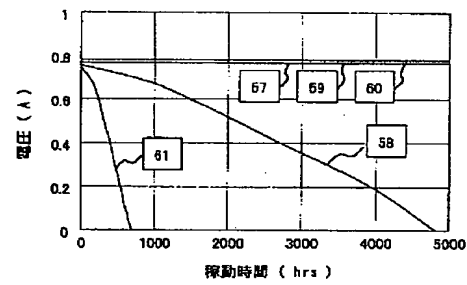
【図14】

図 14



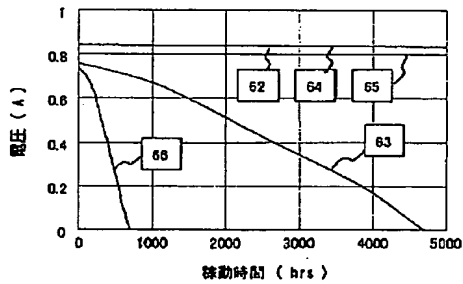
【図15】

図 15



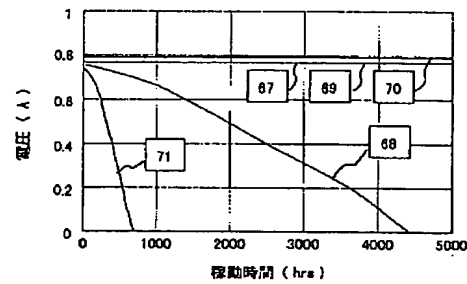
【図16】

図 16



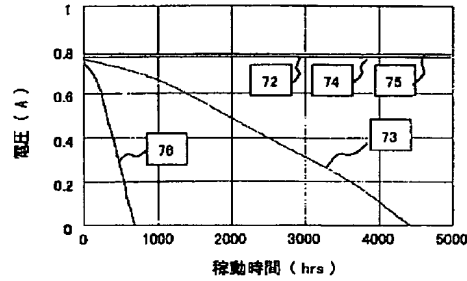
【図17】

図 17



【図18】

図 18



フロントページの続き

(72)発明者 山賀 賢史

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 加茂 友一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 東山 和寿

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 4J005 AA23 BD06

5G301 CA30 CD01

5H026 AA06 CX04 EE18 EE19 HH00